**НАЦІОНАЛЬНА АКАДЕМІЯ АГРАРНИХ НАУК УКРАЇНИ**

**ІНСТИТУТ БІОЕНЕРГЕТИЧНИХ КУЛЬТУР І ЦУКРОВИХ БУРЯКІВ**

**КВАК ВОЛОДИМИР МИХАЙЛОВИЧ**

УДК:633.282:631.559:620.952

**ОПТИМІЗАЦІЯ ЕЛЕМЕНТІВ ТЕХНОЛОГІЇ ВИРОЩУВАННЯ**

**МІСКАНТУСУ ДЛЯ ВИРОБНИЦТВА БІОПАЛИВА В ЗАХІДНІЙ ЧАСТИНІ ЛІСОСТЕПУ УКРАЇНИ**

06.01.09 – рослинництво

Автореферат

дисертації на здобуття наукового ступеня кандидата

сільськогосподарських наук

Київ – 2014

Дисертацією є рукопис

Робота виконана в Інституті біоенергетичних культур і цукрових буряків Національної академії аграрних наук України протягом 2009–2014 рр.

**Науковий керівник:**  доктор сільськогосподарських наук, професор,

 **Курило Василь Леонідович,** заступник академіка-секретаря відділення землеробства, меліорації та механізації Національної академії аграрних наук України.

**Офіційні опоненти:**

**Бобро Михайло Архипович** – доктор сільськогосподарських наук, професор, член-кореспондент НААН, завідувач кафедри рослинництва Харківського НАУ ім. В. В. Докучаєва Мінагрополітики та продовольства України;

**Рахметов Джамал Бахлулович** – доктор сільськогосподарських наук, професор, завідувач відділу нових культур Національного ботанічного саду ім. М. М. Гришка Національної академії наук України.

Захист дисертації відбудеться «25» березня 2014 р. о 1400 годині на засіданні спеціалізованої вченої ради Д 26.360.01 при Інституті біоенергетичних культур і цукрових буряків НААН за адресою: 03141, м. Київ, вул. Клінічна, 25 (корп. 1)

З дисертацією можна ознайомитись у бібліотеці Інституту біоенергетичних культур і цукрових буряків за адресою: 03141, м. Київ, вул. Клінічна, 25 (корп. 2).

Автореферат розісланий «22» лютого 2014 р.

Вчений секретар

Спеціалізованої вченої ради,

кандидат сільськогосподарських наук Л. І. Сторожик

**ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ**

**Актуальність теми.** Більшість європейських країн, зокрема і Україна, в останнє десятиліття усвідомлюють обмеженість викопних енергетичних ресурсів та необхідність їх раціонального використання, тому швидкими темпами розпочали перебудову існуючої мережі енергетики та диверсифікацію поставок енергоресурсів з використанням відновлювальних джерел енергії. Особлива увага приділяється вирощуванню і перероблянню біосировини та відходів органічного походження. Сьогодні у світі вирощують велику кількість високопродуктивних енергетичних культур, біомаса (надземна частина рослин) яких використовується для виробництва біопалива.

У зв’язку з недостачею власних енергоресурсів для України є важливим створення власного відновлювального джерела енергії на основі вирощування рослинної біоенергетичної сировини на малопродуктивних та деградованих землях, які вилучені із сівозмін та не використовуються для вирощування сільськогосподарських культур.

Однією з перспективних культур для ґрунтово-кліматичної зони України, що вирощується як сировина для переробляння в тверде біопаливо, є міскантус. Однак, для промислового використання відсутня технологія його вирощування, яка була б адаптована для умов України.

Тому актуальною є тема розробляння, обґрунтування і впровадження у виробництво елементів технології вирощування міскантусу, як сировини для виробництва біопалива, яка має важливе наукове та народногосподарське значення.

**Зв’язок роботи з науковими програмами, планами, темами**. Дисертаційна робота виконувалась згідно з завданням 0111U003124 «Розробити теоретичні основи зонального розміщення та адаптивних технологій вирощування нових видів фітоенергетичних культур» на 2011–2015 роки, що є складовою частиною програми наукових досліджень НААН України № 22 «Біоенергетичні ресурси».

**Мета і завдання досліджень.** Мета досліджень – підвищити продуктивність міскантусу на основі визначення особливостей росту і розвитку рослин, удосконалення та обґрунтування елементів технології його вирощування в умовах західної частини Лісостепу України для виробництва біопалива.

Для досягнення поставленої мети передбачалося вирішити такі завдання:

* визначити основні фактори підвищення продуктивності міскантусу як сировини для виробництва твердого біопалива;
* проаналізувати особливості росту і розвитку рослин у перший та наступні роки вегетації та формування врожаю надземної маси (біомаси) міскантусу залежно від ґрунтово-кліматичних умов вирощування;
* удосконалити та розробити елементи технології вирощування міскантусу з метою покращення умов для росту і розвитку рослин у перший та наступні роки вегетації, підвищення продуктивності для виробництва твердого біопалива;
* провести економічну і енергетичну оцінки ефективності вирощування міскантусу як багаторічної енергетичної культури для виробництва біопалива залежно від агротехнічних прийомів вирощування;
* обґрунтувати технологію вирощування міскантусу для виробництва твердого біопалива.

*Об’єкт досліджень –* процес формування продуктивності міскантусу на основі визначення закономірностей росту і розвитку рослин залежно від агротехнічних умов вирощування в умовах західної частини Лісостепу України.

*Предмет досліджень* – рослини міскантусу, ризоми (частина кореневищ), елементи технології та процеси механізованого вирощування міскантусу: строки садіння та глибина загортання, маса ризомів та густота їх садіння, норми внесення добрив.

**Методи досліджень.** Польовий – спостереження за ростом і розвитком рослин, формуванням урожайності, умовами зовнішнього середовища, оцінки агротехнічного та економічного ефектів досліджуваних факторів під час вирощування культури; вегетаційний – дослідження росту, розвитку та продуктивності рослин міскантусу залежно від норм мінеральних добрив; лабораторний – визначення хімічного складу листково-стеблової маси міскантусу (вміст азоту, фосфору, калію та зольність); вимірювально-ваговий – визначення вологості, твердості ґрунту на період садіння та для обліку врожайності; математично-статистичний – дисперсійний, кореляційний, регресійний, кількісний аналізи, оцінка достовірності експериментальних даних; розрахунково-порівняльний – для встановлення економічної ефективності та енергетичної оцінки удосконалених елементів технології вирощування.

**Наукова новизна одержаних результатів** полягає в тому, що вперше в умовах західної частини Лісостепу України встановлено залежності формування врожайності біомаси міскантусу від строків садіння та глибини загортання ризомів, густоти стояння рослин та маси ризомів, норми мінеральних добрив. Встановлено кореляційні зв’язки та визначено рівняння регресії між біометричними показниками рослин міскантусу. На основі результатів досліджень оптимізовано елементи технології вирощування міскантусу як сировини для виробництва біопалива. За результатами досліджень отримано три патенти України: № 75541 «Пристрій для садіння ризомів», № 76084 «Спосіб садіння ризомів міскантусу», № 76087 «Спосіб вирощування міскантусу», що стосуються вдосконалення технологічних процесів садіння та вирощування міскантусу.

**Практичне значення одержаних результатів.** На основі результатів досліджень для умов західної частини Лісостепу України виробництву рекомендовано оптимальні строки садіння та глибину загортання ризомів міскантусу, їх масу та густоту садіння, норми мінеральних добрив. Запропоновано удосконалену технологію вирощування міскантусу для виробництва біопалива.

Виробнича перевірка результатів досліджень була проведена в 2011–2013 роках у ТзОВ «Інтубус» Борщівського району Тернопільської області.

**Особистий внесок здобувача.** Автором узагальнено світову та вітчизняну наукову літературу за темою дисертаційної роботи. За його безпосередньою участю визначено мету і завдання досліджень, складено програми й методики досліджень, особисто закладено й проведено польові, вегетаційні, лабораторні й виробничі досліди, статистично опрацьовано результати досліджень, проведено їх аналіз, підготовлено й написано звіти та публікації за темою дисертації. Автором також розраховано економічну та енергетичну оцінки, сформульовано висновки і рекомендації виробництву.

**Апробація результатів дисертації.** Основні положення та результати досліджень оприлюднено та обговорено на Міжнародній конференції «Енергозбереження та альтернативні джерела енергії: проблеми і шляхи їх вирішення» (2–3 березня 2010 р., Полтава); Міжнародній науково-практичній конференції «Енергоефективність» (19–21 жовтня 2010 р., Київ); Всеукраїнській науковій конференції молодих учених (10–11 березня 2011 р., Умань); Першій міжнародній науково-практичній конференції «Біоенергетика: вирощування біоенергетичних культур, виробництво та використання біопалива» (25–26 жовтня 2011 р., Київ); Міжнародній науково-технічній конференції «Земля України – потенціал енергетичної та екологічної безпеки держави» (2–4 квітня 2012 р., Вінниця); Міжнародній науково-практичній конференції молодих вчених «Новітні технології вирощування сільськогосподарських культур» (6 квітня 2012 р., Київ); Міжнародній науково-практичній конференції молодих учених і спеціалістів, присвяченої 100-річчю від дня народження видатного вченого В. П. Васильєва «Стан та перспективи розвитку захисту рослин» (2–3 квітня 2013 р., Київ).

**Публікації**. За матеріалами дисертаційної роботи опубліковано 13 наукових праць, з них 10 статей у наукових журналах і збірниках наукових праць фахових видань за переліком ДАК України, 3 патенти України.

**Структура і обсяг роботи**. Дисертація викладена на 213 сторінках машинописного тексту і складається зі вступу, п’яти розділів, які містять 29 таблиць і 32 рисунки, висновків, рекомендацій виробництву, 6 додатків, списку використаної літератури, що містить 210 найменувань, з яких 53 латиницею.

**ОСНОВНИЙ ЗМІСТ РОБОТИ**

**У першому розділ****і** «Аналіз екологічної ситуації, характеристика біологічних і ботанічних властивостей міскантусу та елементів технології його вирощування» (огляд літератури) висвітлено енергетичні та економічні передумови для досліджень, показано історію розвитку культури, наведено ботанічну характеристику та біологічні особливості росту і розвитку міскантусу, подано аналіз результатів досліджень вітчизняних та зарубіжних авторів, які вивчали елементи технології вирощування міскантусу. На основі аналізу літературних джерел визначено мету і завдання досліджень.

**У другому розділі** «Програма, методика та умови проведення досліджень» описано ґрунтово-кліматичні та агротехнічні умови проведення досліджень, подано методику теоретичних та експериментальних досліджень.

Досліди були закладені в Інституті біоенергетичних культур і цукрових буряків НААН м. Києва в 2009–2011 рр. Лабораторно-польові дослідження проводили протягом 2009–2011 рр. на базі Борщівського агротехнічного коледжу м. Борщів Тернопільської обл. Схема досліду включала два двофакторні досліди.

Ґрунт – світло-сірий лісовий, вміст рухомого фосфору (за методом Кірсанова) в шарі ґрунту 0…30 см становить 9,5 мг на 100 г ґрунту, вміст обмінного калію (за методом Кірсанова) – 6 мг на 100 г ґрунту, вміст азоту (за Корнфілдом) – 28 мг на 100 г ґрунту, кислотність ґрунту (рН) – 6,0.

За погодними умовами роки досліджень були неоднаковими. За даними центру гідрометеорології середньорічна температура повітря відповідно за кожний рік становила 9,1; 7,9 та 9,0 С. За вегетаційний період 2009 та 2011 років випала мала кількість опадів – 274 та 306 мм, що відрізнялось від середнього багаторічного значення (на 225 і 192 мм) і спричинило посушливі умови вирощування. А 2010 рік був дощовим, сума опадів за період вегетації становила 621 мм, що на 124 мм більше від середнього багаторічного значення. В цілому погодно-кліматичні умови були типовими для зони західної частини Лісостепу України і сприятливими для вирощування міскантусу.

Польові дослідження проводились за загальноприйнятими науковими та спеціальними агрономічними методами: Доспєхова Б. А., Волкодава В. В. та Моїсейченка В. Ф., вегетаційні дослідження – за методами Соколова А. В. та Журбицкого З. І.

Схема дослідів: Дослід № 1 (польовий). Ріст, розвиток та продуктивність міскантусу залежно від строків садіння та глибини загортання ризомів. Фактор А – строк садіння: 1) І–ІІ декада квітня; 2) ІІ–ІІІ декада квітня; 3) І декада травня. Фактор Б – глибина загортання ризомів: 1) 6 см; 2) 8 см; 3) 10 см; 4) 12 см;

Дослід №2 (польовий). Ріст, розвиток та продуктивність міскантусу залежно від густоти садіння та маси ризомів. Фактор А – густота садіння: 1) 25 тис.шт./га (70 см х55 см); 2) 20 тис.шт./га (70 см х70 см); 3) 15 тис.шт./га (70 см х90 см); 4) 10 тис.шт./га (70 см х140 см). Фактор Б – маса ризомів: 1) 20…30 г; 2) 30…60 г; 3) 60…90 г; 4) 90…120 г. Площа посівних ділянок – 196 м2, облікових – 98 м2, загальна – 10473 м2 та 13813 м2 відповідно, повторність – чотириразова. Дослід закладався рендомізовано за методом розщеплювання ділянок, розміщення повторень – у два яруси. Дослід №3(вегетаційний). Ріст, розвиток та продуктивність міскантусу залежно від норми мінеральних добрив. 1) без добрив (контроль); 2) N40P15K60; 3) N80P30K120; 4) N120P45K180; повторність – п’ятиразова.

Обліки, спостереження та аналізи в дослідженняхщорічно було проведено протягом періоду вегетації міскантусу. Агрохімічний аналіз ґрунту перед початком і по закінченню дослідів проводили за методиками: легко гідролітичний азот – за Корнфілдом, фосфор та калій – за Кірсановим. Динаміка появи сходів міскантусу визначалась шляхом щоденного підрахунку кількості схожих рослин (для польових досліджень). Біометричні показники було визначено шляхом замірювання раз на місяць рослин на всіх повтореннях. Динаміку наростання маси ризомів (кореневищ) визначали методом пробних копок на початку кожного місяця з червня по жовтень. Урожайність сухої листково-стеблової маси визначали суцільним методом. Отримані експериментальні дані досліджень обробляли за статистичними методами: дисперсійним, кореляційним, регресійним, аналізами на персональному комп’ютері за прикладними програмами Excel і “Statistica 6.0”. Економічну оцінку традиційної та вдосконаленої технологій вирощування проводили за методикою «Визначення економічної ефективності використання в сільському господарстві результатів науково-дослідних і дослідно-конструкторських робіт, нової техніки, винаходів і раціоналізаторських пропозицій». Енергетичну оцінку прийомів, що вивчалися, визначали за відповідними методичними рекомендаціями та методикою О. К. Медведовського, П. І. Іваненка.

**У третьому розділ****і** «Особливості росту і розвитку рослин міскантусу залежно від технологічних прийомів вирощування» подано результати теоретичних і експериментальних досліджень динаміки росту та розвитку рослин міскантусу.

Дослідженнями встановлено, що польова схожість ризомів в значній мірі залежить від строків садіння (табл. 1). В середньому найбільший відсоток вологи 25,4% за роки досліджень у шарі ґрунту 0–10 см спостерігався в перший строк садіння, що позитивно вплинуло на польову схожість ризомів міскантусу, яка була найбільшою в досліді й становила 78,0%. З кожним наступним строком садіння вологість ґрунту як у верхньому 0…10 см шарі, так і в орному 0…30 см зменшувалася, що призвело до зниження польової схожості ризомів. Із кожним наступним строком садіння твердість ґрунту як у верхньому 0…10 см шарі, так і в орному 0…30 см збільшувалась, що також призводило до зниження польової схожості ризомів. Тому перший строк садіння є найбільш сприятливим для схожості ризомів міскантусу.

*Таблиця 1*

**Температура, вологість, твердість ґрунту та польова схожість ризомів міскантусу залежно від строків садіння (середнє за 2009–2011 рр.)**

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| Строксадіння | Температура ґрунту, °С на глибині 5 см | Твердість ґрунту, кг/см2 у шарі, см | Вологість ґрунту (%)в шарі, см | Польова схожістьризомів, % |
| 0…10 | 10…20 | 20…30 | 0…10 | 10…20 | 20…30 |
| 1 | 6,4 | 0,36 | 0,61 | 0,72 | 23,4 | 23,6 | 24,3 | 78,0 |
| 2 | 9,3 | 0,58 | 0,77 | 1,00 | 20,7 | 20,6 | 20,6 | 73,8 |
| 3 | 14,2 | 0,67 | 1,18 | 1,21 | 17,8 | 17,6 | 18,1 | 70,3 |
| НІР0,05 | 2,3 |

Найбільш сприятливою глибиною загортання ризомів міскантусу є глибина від 8 см до 10 см. Збільшення глибини загортання до 12 см істотно погіршує польову схожість, що підтверджено статистично.

Зі збільшенням маси ризомів понад 60 г (відбувається за рахунок міжвузлів, в яких відсутні бруньки) спостерігалося незначне (в межах НІР0,05) підвищення польової схожості, яке пов’язано з біологічними особливостями садивного матеріалу міскантусу. Найнижча польова схожість спостерігалась у ризомів міскантусу масою 20…30 г, оскільки вони мають менший запас поживних речовин та меншу кількість бруньок, які здатні прорости.

Дослідження показали, що тривалість вегетаційного періоду та тривалість міжфазних періодів у міскантусу змінюються залежно від умов вирощування, в тому числі й від строків садіння. Із кожним наступним строком садіння міжфазний період (садіння-поява сходів) зменшувався від 38 діб за першого строку до 18 діб за третього. Тривалість вегетаційного періоду міскантусу першого строку садіння в середньому за роки досліджень становила 150 діб, другого та третього відповідно на 3 та 8 діб менше порівняно із першим строком садіння. Це пояснюється тим, що під час садіння ризомів міскантусу в більш пізні строки змінюється температурний режим ґрунту та повітря, що в значній мірі впливає на темпи росту та швидкість проходження фаз розвитку рослин.

За результатами досліджень встановлено, що тривалість вегетаційного періоду з підвищенням норми добрив збільшувалась на 2–3 доби.

Середнє значення висоти головного пагона за роки досліджень: за першого строку садіння становило 141,0 см, за другого строку садіння – 132,4 см, за третього – 125,6 см, (табл. 2). Це пов’язано зі збільшенням вегетаційного періоду, а також кількості опадів під час вегетації. За першого строку садіння сума опадів за період садіння-викидання волоті становила 374,5 мм, тоді як за другого – 362,8 мм, за третього – 352,1 мм. Спостерігається тісний зв’язок між кількістю опадів, які випали за вегетаційний період, та висотою рослин. Коефіцієнт кореляції між цими показниками складає r±Sr=0,747±0,08. Зі збільшенням глибини садіння ризомів від 6 см до 10 см збільшується висота головного пагона. Так, за глибини садіння 6 см висота головного пагона в середньому становила 126,5 см, за глибини садіння 10 см – 139,1 см. Зі збільшенням глибини садіння ризомів до 12 см висота головного пагона зменшується.

*Таблиця 2*

**Висота головного пагона рослин міскантусу залежно від строків садіння та глибини загортання ризомів (середнє за 2009–2011 рр.), см**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Строк садіння | Глибина загортання ризомів, см | Середнє за строками садіння (НІР0,05=2,3) |
| 6 | 8 | 10 | 12 |
| І | 135,1 | 151,6 | 142,2 | 135,1 | 141,0 |
| ІІ | 127,4 | 131,4 | 140,3 | 130,3 | 132,4 |
| ІІІ | 117,1 | 126,8 | 134,9 | 123,6 | 125,6 |
| Середнє за глибиною загортання(НІР0,05=2,6) | 126,5 | 136,6 | 139,1 | 129,6 | 133,0 |

Примітка: для порівняння часткових середніх НІР0,05=7,9

Середня кількість пагонів у кущі міскантусу з кожним наступним строком садіння ризомів зменшувалася, що обумовлено проходженням фенологічних фаз і органогенезу.

Так, за першого строку садіння ризомів середня кількість пагонів становила 11,2 шт., а за другого та третього – 9,1 та 8,1 шт. відповідно. Зі збільшенням глибини садіння ризомів від 6 см до 12 см кількість пагонів збільшувалась, що пов’язано з більшим запасом ґрунтової вологи. Так, за глибини садіння 6 см в середньому було 9,2 шт. пагонів у кущі, а за глибини 10 см – 10,0 шт. пагонів.

Процес утворення листків, починаючи з перших фаз органогенезу, як показали результати досліджень, визначався строками садіння, погодними умовами і в деякій мірі глибиною садіння ризомів. Так, найбільшу середню кількість листків на головному пагоні за роки досліджень відмічено за першого строку садіння. Із кожним наступним строком садіння кількість листків на головному пагоні зменшувалась від 14,5 шт. (перший строк) до 12,3 шт. (третій строк), що пояснюється скороченням вегетаційного періоду. Середня кількість листків на головному пагоні за роки досліджень залежно від глибини загортання ризомів становила 13,1–13,9 шт.

Після появи сходів починається активний ріст та розвиток як підземної, так і надземної маси. Рослини міскантусу в перший рік вегетації формують спершу більшу підземну масу, а потім надземну. Зі збільшенням загальної густоти стояння рослин маса кореневищ зменшувалась, і за максимальної густоти в досліді 25 тис. шт./га складала 471 г, а за густоти стояння 10 тис. шт./га сягала значення 637 г. На початку вегетаційного періоду різниця між масою кореневищ за різної густоти стояння рослин була незначною (в межах НІР0,05), а з другої половини вегетації, коли почалась конкуренція між рослинами за світло, ця різниця дещо збільшилась.

За результатами досліджень встановлено, що густота стояння рослин у першій половині першого року вегетації мало впливала на показники лінійного приросту пагона та висоти рослини в цілому. Однак, у другій половині вегетації, після формування значної вегетативної маси, відбувається конкуренція між рослинами, в результаті якої висота рослин міскантусу збільшувалася пропорційно густоті стояння. Так, на кінець вегетації найбільша висота головного пагона рослин була за густоти стояння 25 тис.шт./га і сягала 160,1 см, а найменша – 130,9 см за густоти стояння 10 тис. шт. / га.

Збільшення кількості пагонів відбувалося у липні-серпні, коли рослини міскантусу знаходились у фазі кущіння, а з настанням фази викидання волоті – припинялось. Потрібно відзначити, що кількість пагонів знаходиться в прямій залежності від маси ризомів. Наприклад, за маси ризомів 20…30 г найбільша кількість пагонів у кущі становила 9,4 шт., а за маси ризомів 90…120 г – 11,2 шт. Зі збільшенням густоти стояння рослин кількість пагонів у кущі зменшувалась. Так, за густоти стояння 25 тис. шт./га в середньому було 9,4 шт. пагонів, а за густоти 10 тис. шт./га – 11,4 шт. пагонів. Між кількістю пагонів у кущі та масою кореневищ існує кореляційний зв’язок з коефіцієнтом детермінації R2=0,5555 (рис. 1).



Рис. 1. Регресійна залежність маси кореневищ від кількості пагонів у кущі міскантусу

Залежність в межах досліджуваної маси кореневища одного куща має лінійний характер і визначається за формулою:

*Мк=* b*п+*c*,*

де *Мк* – маса кореневищ, г; b – коефіцієнт регресії, b*=1,3919;*

*п* – кількість пагонів у кущі, шт.; c – вільний член рівняння регресії, c=*94,68.*

Кількість листків не в значній мірі залежить від густоти стояння рослин та маси ризомів і визначається фазами онтогенезу.

Висота головного пагона не залежить від фону живлення і становить за варіантами досліду від 140 до 143 см. Висота куща становить від 132 до 136 см. Кількість пагонів збільшувалась зі збільшенням норми добрив від 5,9 до 10,1 шт. на одну рослину. До того ж на ризомах пробуджуються сплячі бруньки, з яких утворюються нові пагони.

Кількість листків на головному пагоні не залежала від фону живлення. Найбільшої площі листкової поверхні рослини міскантусу досягають у серпні на фоні N120P45K180 – 0,165 м2, що на 38% більше порівняно до контролю (0,103 м2). Застосування мінеральних добрив сприяло збільшенню площі асиміляційного апарату, за норми N40P15K60 приріст листкового апарату в порівнянні з контролем збільшився у серпні на 23%, N80P30K120 – 25%, N120P45K180 – 38%.

Згідно з результатами досліджень збільшення маси ризомів, їх глибини садіння від 6 до 10 см та густоти стояння рослин призводило до збільшення площі листкової поверхні.

Між кількістю пагонів у кущі та сумарною площею листкової поверхні рослини існує тісний кореляційний зв’язок із коефіцієнтом детермінації R2=0,7974. Залежність у межах досліджуваної площі листкової поверхні одного куща має лінійний характер. Площа листкової поверхні одного куща міскантусу визначається за формулою:

*ПЛПр=0,0492п-0,058,*

де *ПЛПр* – площа листкової поверхні однієї рослини, м2;

*п* – кількість пагонів у кущі, шт.

**У четвертому** **розділі** «Формування продуктивності рослин міскантусу залежно від елементів технології його вирощування» викладено результати досліджень залежності продуктивності рослин міскантусу від досліджуваних факторів.

Маса сухих речовин у рослинах міскантусу впродовж періоду вегетації постійно збільшувалась. При цьому інтенсивність їх накопичення була різною. З червня по вересень процес протікав швидше, а далі сповільнювався. Збільшення норми добрив сприяло накопиченню сухих речовин у рослинах міскантусу.

Оптимальним з точки зору бездефіцитності балансу виявився варіант з внесенням у перший рік вегетації норми добрив N40P15K60. Така норма добрив забезпечила позитивний баланс фосфору і калію за незначного дефіциту балансу азоту. Найвищий коефіцієнт використання елементів живлення (54,5%) спостерігався також за норми добрив N40P15K60.

У середньому за роки досліджень найбільша врожайність сухої листково-стеблової маси рослин міскантусу першого року вегетації (99,3 г) була за внесення норми добрив N120P45K180, найменша (60,6 г) – на контролі. Така ж тенденція спостерігалась із наростанням і підземної маси рослин. Найбільша маса кореневищ та додаткових коренів спостерігалась за норми добрив N120P45K180 і становила відповідно 229,3 г та 65,3 г, найменша – на контролі 149,3 г та 38,5 г.

Ранні строки садіння сприяли збільшенню врожайності біомаси. Так, за першого строку садіння врожайність сухої маси в перший рік вегетації становила 1,8 т/га, а за другого та третього строків – відповідно 1,3 та 1,1 т/га (табл. 3), що пояснюється зниженням польової схожості на 16…18% порівняно з першим строком садіння ризомів міскантусу. Збільшення глибини садіння ризомів міскантусу від 6 см до 10 см сприяло зростанню врожайності біомаси. Слід відмітити, що значний вплив досліджуваних факторів на врожайність біомаси спостерігався лише в перший рік вегетації, але тенденція зберігалась і в наступні роки за рахунок різниці густоти стояння рослин, яка залежала від польової схожості, виживання у період несприятливих умов вегетації.

*Таблиця 3*

**Урожайність сухої маси міскантусу залежно від строків та глибини садіння ризомів, т/га**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Строк садіння (А) | Глибина загортання (В), см | Середнє за строками садіння |
| 6 | 8 | 10 | 12 |
| Перший рік вегетації |
| І | 1,5 | 1,7 | 1,8 | 1,7 | 1,8 |
| ІІ | 1,2 | 1,2 | 1,5 | 1,3 | 1,3 |
| ІІІ | 1,1 | 1,1 | 1,2 | 1,1 | 1,1 |
| Середнє за глибиною садіння | 1,3 | 1,3 | 1,5 | 1,4 | 1,4 |
| Другий рік вегетації |
| І | 9,0 | 9,1 | 9,6 | 9,5 | 9,3 |
| ІІ | 8,1 | 8,3 | 8,3 | 8,2 | 8,2 |
| ІІІ | 7,8 | 7,9 | 8,3 | 8,1 | 8,0 |
| Середнє за глибиною садіння | 8,3 | 8,4 | 8,7 | 8,6 | 8,5 |
| Третій рік вегетації |
| І | 12,8 | 12,9 | 13,2 | 13,0 | 13,0 |
| ІІ | 12,7 | 12,8 | 13,0 | 12,9 | 12,9 |
| ІІІ | 12,5 | 12,6 | 12,6 | 12,5 | 12,6 |
| Середнє за глибиною садіння | 12,7 | 12,8 | 12,9 | 12,8 | 12,8 |

Примітка: Перший рік вегетації НІР0,05А= 0,08; НІР0,05В= 0,09; НІР0,05АВ = 0,16;

 Другий рік вегетації НІР0,05А= 0,36; НІР0,05В= 0,42; НІР0,05АВ= 0,72;

 Третій рік вегетації НІР0,05А= 0,85; НІР0,05В= 0,98; НІР0,05АВ= 1,69.

Для отримання високих урожаїв біомаси міскантусу в другий і наступні роки потрібно дотримуватись необхідних агротехнічних вимог у перший рік вирощування. Відростання основного пагона навесні починається в один і той же період незалежно від строків садіння та глибини загортання ризомів у попередньому році. Врожайність сухої маси в усіх варіантах коливалась у межах 7,8…9,6 т/га у рослин другого року вегетації та 12,5…13,2 т/га – третього.

Як показують результати дисперсійного аналізу визначальним фактором у підвищені продуктивності міскантусу першого року вегетації були строки садіння ризомів – 38…42% залежно від року вегетації та 16,4% за трирічними результатами досліджень (рис. 2), що пов’язано зі збільшенням вегетаційного періоду. Дещо нижчим був вплив глибини садіння ризомів – 15…17% залежно від року вегетації та 6,0% за трирічними даними. Значний вплив на продуктивність біомаси мав фактор року за результатами трирічних досліджень –57,6%, який пов’язаний з погодними умовами. Інші фактори – 32…35% та 19,9%. Слід відмітити, що взаємодія двох факторів (строки садіння та глибина загортання) була незначною, що пов’язано з біологічною особливістю ризомів міскантусу.



Рис. 2. Частка впливу досліджуваних факторів на врожайність сухої маси міскантусу

Слід відмітити, що підвищення врожайності біомаси сприяло збільшенню виходу енергії з 1 га. Так, найбільший вихід енергії 32,2 ГДж/га з біомаси першого року вегетації отримали за першого строку садіння, а з кожним наступним строком садіння вихід енергії знижувався відповідно до 25,0 та 21,7 ГДж/га. Найбільший вихід енергії (25,7…28,9 ГДж/га) можна отримати за глибини загортання 8...10 см. За результатами досліджень встановлено, що за збільшення глибини загортання від 8 см до 10 см підвищення врожайності та виходу енергії є незначним (у межах НІР0,05). На другий та третій роки вегетації вихід твердого біопалива та енергії збільшується на кожному варіанті відповідно до врожайності на цих варіантах (табл. 4).

*Таблиця 4*

**Вихід твердого біопалива та енергії залежно від строків садіння та глибини загортання ризомів міскантусу другого та третього року вегетації**

|  |  |
| --- | --- |
| Строк садіння | Глибина загортання, см |
| 6 | 8 | 10 | 12 |
| вихід твердого біопалива, т/га | вихід енергії, ГДж/га | вихід твердого біопалива, т/га | вихід енергії, ГДж/га | вихід твердого біопалива, т/га | вихід енергії, ГДж/га | вихід твердого біопалива, т/га | вихід енергії, ГДж/га |
| Другий рік вегетації |
| І | 9,9 | 168,3 | 10,0 | 170,2 | 10,6 | 179,5 | 10,5 | 177,7 |
| ІІ | 8,9 | 151,5 | 9,1 | 155,2 | 9,1 | 155,2 | 9,0 | 153,3 |
| ІІІ | 8,6 | 145,9 | 8,7 | 147,7 | 9,1 | 155,2 | 8,9 | 151,5 |
| Третій рік вегетації |
| І | 14,1 | 239,4 | 14,2 | 241,2 | 14,5 | 246,8 | 14,3 | 243,1 |
| ІІ | 14,0 | 237,5 | 14,1 | 239,4 | 14,3 | 243,1 | 14,2 | 241,2 |
| ІІІ | 13,8 | 233,8 | 13,9 | 235,6 | 13,9 | 235,6 | 13,8 | 233,8 |

Урожайність сухої біомаси однієї рослини підвищувалася зі зменшенням густоти їх стояння та збільшенням маси ризомів. Так, за густоти стояння 25 тис. шт./га середня маса однієї рослини міскантусу становила 90,5 г, за густоти 15 та 10 тис. шт./га – відповідно 122,5 та 132,8 г. Це пов’язано з тим, що збільшувалась площа живлення, покращувались умови освітлення і знижувалась конкуренція між рослинами.

Урожайність сухої біомаси міскантусу з одиниці площі зростала зі збільшенням густоти стояння рослин. За густоти стояння рослин 10 тис. шт./га урожайність сухої маси з 1 га у перший рік вегетації в середньому становила 1,1 т/га, а за густоти 25 тис. шт./га – 1,9 т/га (табл. 5).

*Таблиця 5*

**Урожайність сухої маси міскантусу залежно** **від густоти садіння та маси ризомів, т/га**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Густота садіння (А), тис. шт./га | Маса ризомів (В), г | Середнє за густотою садіння |
| 20…30 | 30…60 | 60…90 | 90…120 |
| Перший рік вегетації |
| 25 | 1,3 | 1,7 | 2,1 | 2,3 | 1,9 |
| 20 | 1,3 | 1,6 | 1,9 | 2,1 | 1,7 |
| 15 | 1,1 | 1,4 | 1,7 | 1,8 | 1,5 |
| 10 | 0,8 | 1,0 | 1,2 | 1,3 | 1,1 |
| Середнє за масою ризомів | 1,1 | 1,4 | 1,7 | 1,9 | 1,6 |
| Другий рік вегетації |
| 25 | 8,4 | 10,5 | 12,5 | 14,9 | 11,6 |
| 20 | 7,7 | 10,2 | 10,2 | 12,4 | 10,1 |
| 15 | 7,6 | 9,9 | 10,0 | 10,9 | 9,6 |
| 10 | 5,7 | 7,3 | 8,0 | 8,5 | 7,4 |
| Середнє за масою ризомів | 7,4 | 9,5 | 10,2 | 11,7 | 9,7 |
| Третій рік вегетації |
| 25 | 13,1 | 16,8 | 19,8 | 20,8 | 17,6 |
| 20 | 13,0 | 16,4 | 16,5 | 19,1 | 16,3 |
| 15 | 12,3 | 15,7 | 15,7 | 17,7 | 15,4 |
| 10 | 9,9 | 11,6 | 12,8 | 15,3 | 12,4 |
| Середнє за масою ризомів | 12,1 | 15,1 | 16,2 | 18,2 | 15,4 |

Примітка: Перший рік вегетації НІР0,05А= 0,04; НІР0,05В= 0,04; НІР0,05АВ = 0,09;

Другий рік вегетації НІР0,05А= 0,30; НІР0,05В= 0,30; НІР0,05АВ= 0,59;

Третій рік вегетації НІР0,05А= 0,59; НІР0,05В= 0,59; НІР0,05АВ= 1,19.

Така тенденція збереглася у другий та третій роки вегетації. За густоти стояння рослин 10 тис. шт./га урожайність сухої маси з 1 га у другий та третій роки в середньому становила 7,4 та 12,4 т/га, а за густоти 25 тис. шт./га – 11,6 та 17,6 т/га. Слід відмітити, що з кожним наступним роком різниця між варіантами зменшувалася. Так, у перший рік вирощування різниця між варіантами знаходилась у межах 41…45%, у другий та третій роки вирощування знижувалась відповідно до 32…36% та 24…26%.

Одним з важливих факторів, який впливає на врожайність міскантусу, є маса ризомів, збільшення якої призводить до зростання врожайності рослин. Так, за маси ризомів 20…30 г урожайність сухої надземної маси міскантусу становила в середньому в перший, другий та третій роки вегетації відповідно 1,1, 7,4 та 12,1 т/га, а за маси 90…120 г – 1,9, 11,7 та 18,2 т/га.

За результатами дисперсійного аналізу (рис. 3) встановлено, що визначальним фактором на продуктивність міскантусу першого року вегетації була маса ризомів – 37,2…52,1% залежно від року вегетації та 15,5% за трирічними даними від загальної варіації ознаки. Це пов’язано зі збільшенням поживних речовин і кількості потенційних бруньок, які можуть проростати з ризомів більшого розміру. Дещо менший вплив мала густота стояння рослин – 42,6…51,1% та 15,2% відповідно. Це є наслідком збільшення висоти пагонів на загущених схемах садіння. Частка впливу фактора року на врожайність біомаси міскантусу становила 63,6%, що пов’язано з погодними умовами. Взаємодія факторів Роки\*Густота садіння та Роки\*Маса ризомів відповідно становили 1,7 та 1,3%, що вказує на доцільність диференціювати садивний матеріал за масою та його густотою садіння залежно від погодних умов року. А саме, в посушливу весну необхідно збільшувати масу ризомів та їх густоту садіння.



Рис. 3. Частка впливу досліджуваних факторів на врожайність біомаси міскантусу

За результатами досліджень (рис. 4) підтверджується той факт, що зі збільшенням густоти стояння рослин міскантусу врожайність біомаси також зростає. Відповідно вихід твердого біопалива також буде зростати. Так, за густоти стояння рослин 10 тис. шт./га вихід енергії становив 20,6 ГДж/га, за 15 тис. шт./га – 28,1 ГДж/га, за 20 тис. шт./га – 32,8 ГДж/га, за 25 тис. шт./га – 35,5 ГДж/га. Найбільший вихід енергії (28,1…35,5 ГДж/га) отримали за густоти стояння рослин 15…25 тис. шт./га, а найменший (20,6 ГДж/га) – за густоти стояння 10 тис. шт./га.

Також розраховано рівняння регресії (4.1):

*Е=10,613Lп(Г)+20,553,* (4.1)

де *Е* – вихід енергії з біомаси міскантусу першого року вегетації, ГДж/га;

*Г* – густота стояння рослин, тис.шт./га.



Рис. 4. Регресійна залежність урожайності сухої маси та виходу енергії з біомаси міскантусу першого року вегетації залежно від густоти стояння рослин

На другий та третій роки вегетації вихід твердого біопалива та енергії збільшується на кожному варіанті відповідно до врожайності на цих варіантах (табл. 6).

*Таблиця 6*

**Вихід твердого біопалива та енергії залежно від густоти садіння та маси ризомів міскантусу**

|  |  |
| --- | --- |
| Густота садіння, тис. шт./га | Маса ризомів, г |
| 20…30 | 30…60 | 60…90 | 90…120 |
| вихід твердого біопалива, т/га | вихід енергії, ГДж/га | вихід твердого біопалива, т/га | вихід енергії, ГДж/га | вихід твердого біопалива, т/га | вихід енергії, ГДж/га | вихід твердого біопалива, т/га | вихід енергії, ГДж/га |
| Другий рік вегетації |
| 25 | 9,3 | 157,5 | 11,5 | 195,9 | 13,7 | 233,2 | 16,4 | 279,3 |
| 20 | 8,5 | 144,3 | 11,3 | 191,3 | 11,2 | 190,6 | 13,6 | 231,0 |
| 15 | 8,4 | 142,3 | 10,9 | 185,5 | 11,0 | 187,4 | 12,0 | 204,6 |
| 10 | 6,3 | 107,4 | 8,1 | 137,1 | 8,8 | 150,3 | 9,3 | 158,7 |
| Третій рік вегетації |
| 25 | 14,5 | 245,8 | 18,4 | 313,3 | 21,8 | 370,6 | 22,8 | 388,4 |
| 20 | 14,3 | 243,6 | 18,1 | 307,4 | 18,1 | 308,1 | 21,0 | 357,2 |
| 15 | 13,5 | 230,0 | 17,3 | 293,3 | 17,3 | 294,0 | 19,4 | 330,6 |
| 10 | 10,9 | 184,5 | 12,8 | 217,1 | 14,1 | 239,4 | 16,8 | 285,9 |

**У п’ятому** **розділі** «Економічна та енергетична оцінка вирощування міскантусу для виробництва біопалива» наведено аналіз економічної та енергетичної ефективності удосконалених елементів технології вирощування міскантусу.

Особливість виробництва біомаси міскантусу полягає в тому, що перший рік є збитковим у зв’язку з низькою врожайністю та великими витратами на садивний матеріал. Як показали наші розрахунки найбільші витрати припадали на перший рік вегетації – 13535,41–14382,25 грн./га або 80,4–81,6% від усіх витрат за три роки. Основу цих матеріально-грошових витрат займав садивний матеріал – 7500–10000,00 грн./га або 42,6–59,4%. А в подальшому зменшуються витрати на виробництво і зростає врожай біомаси.

Надходження коштів від реалізації біомаси міскантусу, отриманої за перший рік, становитимуть лише близько 1,7 тис. грн./га (у розрахунках реалізаційна ринкова ціна біомаси міскантусу прирівнюється до ринкової ціни 1 т очерету, що становить 550 грн./т). За другий рік вегетації врожайність біомаси значно збільшується і надходження коштів від її реалізації становитимуть близько 6,4 тис. грн./га. На третій і послідуючі роки врожайність сухої біомаси міскантусу становитиме в середньому 17 т/га, а виручка від її реалізації – щорічно близько 9,6 тис.грн./га. Таким чином, прибуток від реалізації сировини міскантусу можна отримати вже на третьому році вирощування.

Аналіз економічної ефективності виробництва міскантусу (табл. 7) показав, що собівартість виробництва 1 т біомаси за удосконаленої технології вирощування нижча на 6,48 грн. порівняно з традиційною.

Збір біомаси за 15 років вирощування за традиційної технології буде нижчим на 175,7 т/га, умовно чистий прибуток зменшиться на 73,36 грн./т. Рівень рентабельності за традиційної і вдосконаленої технологій буде становити 142,37 та 258,15%.

*Таблиця 7*

**Економічна ефективність виробництва міскантусу на площі 1 га для виготовлення біопалива залежно від технології вирощування за 15 років**

|  |  |
| --- | --- |
| Показники | Технологія вирощування |
| традиційна | удосконалена |
| Матеріально-грошові витрати, грн. | 38545,51 | 42273,89 |
| Вихід біомаси за весь період, т/га | 283,1 | 458,8 |
| Собівартість виробництва 1 т, грн. | 136,16 | 92,14 |
| Вихід сухої біомаси, т/га | 169,9 | 275,3 |
| Собівартість сухої біомаси, грн./т  | 226,93 | 153,57 |
| Умовно чистий прибуток, грн./т.  | 323,07 | 396,43 |
| Рівень рентабельності, % | 142,37 | 258,15 |

Примітка: реалізаційна ціна 550 грн./т.

За результатами енергетичного розрахунку найбільші витрати енергії припадають на перший рік вегетації і складають 85,5%, у другий – 6,5% та в третій і наступні роки – 8,0% загальних витрат. Порівнюючи витрати енергії на проведення технологічних операцій, найбільш енергоємним є процес садіння – 64,4%. Це пов’язано з високим вмістом енергії у садивному матеріалі та витратами людської праці на його садіння. Основний обробіток ґрунту складає 9,2%, який пов’язаний із виконанням трудомістких робіт та використанням добрив. Догляд за насадженнями в перший і другий роки потребує 7,9 та 0,5% відповідно від загальних витрат енергії. На збирання й транспортування біомаси припадає 3,4; 6,0 та 8,0% відповідно за кожний рік.

За удосконаленої технології вирощування порівняно із традиційною на 31,2% знижуються енерговитрати, а коефіцієнт енергетичної ефективності зростає від 8,2 до 13,3.

**ВИСНОВКИ**

1. У дисертаційній роботі наведено результати експериментальних та теоретичних досліджень із вивчення особливостей росту, розвитку та продуктивності міскантусу залежно від агротехнічних умов вирощування: строків садіння і глибини загортання, маси та густоти садіння ризомів міскантусу, норми внесення мінеральних добрив. Викладено науково-обґрунтовані розробки елементів технології вирощування міскантусу, що забезпечують формування високих урожаїв біомаси в умовах західної частини Лісостепу України для виробництва твердих видів біопалива.
2. Встановлено, що найвища польова схожість 78% досягається за садіння ризомів на глибину 8…10 см одночасно з настанням фізичної стиглості ґрунту. Запізнення із садінням на 5–8 діб і більше, порівняно до оптимального строку садіння, призводить до зниження польової схожості на 5,4% і більше.
3. За садіння міскантусу в перший строк (І–ІІ декада квітня) збільшується тривалість міжфазних періодів. У результаті чого збільшується тривалість вегетаційного періоду і становить 150 діб, тоді, як за другого строку (ІІ–ІІІ декада квітня) цей показник був меншим на 3 доби, за третього (І декада травня) – на 8 діб. Така ж тенденція спостерігалась на варіантах із внесенням мінеральних добрив. Тривалість вегетаційного періоду збільшується з кожною наступною нормою (N40P15K60; N80P30K120; N120P45K180) відповідно на 1; 3; 4 доби порівняно до контролю.
4. Рослини міскантусу в перший рік вегетації формують спочатку більшу підземну масу, а потім надземну. Збільшення густоти садіння від 10 до 25 тис. шт. / га призводить до зменшення маси кореневищ від 637 до 471 г. Збільшення маси ризомів від 20…30 г до 90…120 г сприяє збільшенню маси кореневищ – від 471 до 664 г.
5. Висота головного пагона рослин першого року вегетації за першого строку садіння становила 136 см, з кожним наступним строком садіння знижувалась на 3…5 см. Кількість пагонів за першого строку становила 11,2 шт., а за другого і третього – відповідно 9,1 та 8,1 шт. Збільшення глибини загортання ризомів від 6 см до 10 см сприяло збільшенню кількості пагонів від 9,2 до 10,0 шт.
6. Загущеність насаджень від 10 до 25 тис. шт. / га призводить до збільшення висоти головного пагона від 130 до 160 см, а кількість пагонів навпаки знижується від 11,4 до 9,4 шт. Збільшення маси ризомів від 20…30 г до 90…120 г сприяло збільшенню кількості пагонів – від 9,4 до 11,2 шт. За збільшення норми добрив від N40P15K60 до N120P45K180 кількість пагонів на період збирання збільшується в середньому від 5,9 шт. до 10,1 шт.
7. Максимальну площу асиміляційної поверхні листків у перший рік вегетації (8,3 тис. м2/га) рослини міскантусу формували у вересні за густоти стояння 25 тис.шт./га та маси ризомів 90…120 г, що більше на 1,0; 3,2 та 4,6 тис. м2/га порівняно із густотою 20; 15 та 10 тис.шт./га відповідно.
8. Найбільшу чисту продуктивність фотосинтезу отримано у вересні у варіанті першого строку садіння за глибини загортання ризомів 10 см, яка становила 6,72 г/м2 за добу. Збільшення маси ризомів сприяло зростанню чистої продуктивності фотосинтезу від 6,09 г/м2 за добу за маси ризомів 20…30 г до 6,38 г/м2 за добу за маси ризомів 90…120 г.
9. Урожайність сухої біомаси міскантусу і вихід енергії збільшуються завдяки садінню ризомів у ранні строки на глибину загортання 8…10 см і становили 1,7; 9,1 та 12,9 т/га і 31,8; 170,2 та 241,2 ГДж відповідно у перший, другий та третій роки вирощування.
10. За результатами досліджень встановлено, що для вирощування біосировини міскантусу за раціональних затрат коштів і енергії оптимальними параметрами садіння є: густота рослин 15 тис. / га (схема садіння 70х90 см), маса ризомів 30…60 г, норма мінеральних добрив N40P15K60, що забезпечило урожайність сухої маси 17 т/га.
11. За удосконаленої технології вирощування міскантусу порівняно з традиційною собівартість сухої біомаси, зібраної за три роки, знижується від 127,32 до 88,72 грн./т, умовно чистий прибуток збільшився від 422,68 до 461,28 грн./т, а рівень рентабельності – від 332,0 до 519,9%, а за 15 років знижується від 226,93 до 153,57 грн., умовно чистий прибуток збільшується від 323,07 до 396,43 грн./т, рівень рентабельності – від 141,37 до 258,15%.
12. За результатами енергетичного розрахунку встановлено, що коефіцієнт енергетичної ефективності за удосконаленої технології вирощування порівняно з традиційною збільшується за 3 роки від 8,2 до 13,3, а за 15 років – від 35,5 до 54,9.

**РЕКОМЕНДАЦІЇ ВИРОБНИЦТВУ**

Для забезпечення високої продуктивності рослин міскантусу як сировини для виробництва біопалива в західній частині Лісостепу України на світло-сірих лісових ґрунтах рекомендується:

* фосфорні і калійні добрива в нормі Р15К60 вносити під основний обробіток ґрунту, азотні в нормі N40 вносити весною під час садіння ризомів;
* маса ризомів повинна становити 30…60 г.;
* садіння ризомів проводити на глибину 8…10 см з настанням фізичної стиглості ґрунту;
* густота стояння рослин міскантусу повинна становити 15 тис. шт./ га (схема садіння 70х90 см).

**СПИСОК ОПУБЛІКОВАНИХ ПРАЦЬ ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ**

*Статті у наукових фахових виданнях*

1. Роїк М. В. Енергетичні культури для виробництва біопалива / М. В. Роїк, В. Л. Курило, М. Я. Гументик, В. М. Квак // Наук. праці Полтавської аграрної академії. Енергозбереження та альтернативні джерела енергії: проблеми і шляхи їх вирішення. – Полтава, 2010. – Т. 7(26). – С. 12–17. *(Здобувач провів експериментальні дослідження, узагальнив і проаналізував результати).*
2. Курило В. Л. Міскантус – перспективна енергетична культура для виробництва біопалива / В. Л. Курило, М. Я. Гументик, В. М. Квак // Агробіологія: Збірник наукових праць. Білоцерків. нац. аграр. ун-т. – Біла Церква, 2010. – №4 (80). – С. 62–66. *(Здобувач провів експериментальні дослідження, узагальнив і проаналізував результати).*
3. Роїк М. Ефективність вирощування високопродуктивних енергетичних культур [Електронний ресурс] / М. Роїк, В. Курило, М. Гументик, О. Ганженко, В. Квак // Збірник наукових праць вісник Львівського національного аграрного університету. – Львів, 2011. – № 15 (2). – Режим доступу: http: // [www.nbuv.gov](http://www.nbuv.gov). ua/portal/Chem\_Biol/Vldau/Agr/2011\_15\_2/files/11rmfpbf.pdf. *(Здобувач провів експериментальні дослідження, узагальнив і проаналізував результати).*
4. Хіврич О. Б*.* Енергетичні рослини як альтернатива традиційним видам палива / О. Б. Хіврич, В. М. Квак, В. В. Каськів, В. В. Мамайсур, А. С. Макаренко // Агробіологія: Збірник наукових праць. Білоцерків. нац. аграр. ун-т. – Біла Церква, 2011. – № 6 (86). – С. 153–156. *(Здобувач провів експериментальні дослідження, узагальнив і проаналізував результати).*
5. Гументик М. Я. Оптимізація елементів технології вирощування міскантусу в умовах західного Лісостепу України / М. Я. Гументик, В. М. Квак // Зб. наук. праць Вінницького національного аграрного університету. [Серія: Сільськогосподарські науки]. – Вінниця, 2012. – Вип. 1 (57). – С. 168–173. *(Здобувач провів експериментальні дослідження, узагальнив і проаналізував результати).*
6. Квак В. М. Ріст, розвиток і продуктивність міскантусу (miscanhtus) за різних норм добрив / В. М. Квак // Зб. наук. праць Інституту біоенергетичних культур і цукрових буряків НААН. – Київ, 2012. – Вип. 14. – С. 548–551.
7. Квак В. М. Вплив строків садіння та глибини загортання ризомів міскантусу на його польову схожість / В. М. Квак// Цукрові буряки. – Київ, 2012. – № 6. – С. 15–17.
8. Квак В. М. Вплив маси ризомів міскантусу та густоти їх садіння на енергетичну продуктивність біомаси / В. М. Квак // Зб. наук. праць Інституту біоенергетичних культур і цукрових буряків НААН. – Київ, 2013. – Вип. 17. – Т. 1. – С. 146–151.
9. Гументик М. Урожайність біомаси міскантусу залежно від кліматичних умов, строків і глибини садіння ризомів у західному Лісостепу України / М. Гументик, В. Квак, О. Замойський // Вісник Львівського національного аграрного університету. Агономія. – Л. : – 2013. – № 17 (1). – С. 76–82. *(Здобувач провів експериментальні дослідження, узагальнив і проаналізував результати).*

*Статі в іноземних виданнях*

1. Humentyk M. Biomass productivity of Miscanthus depending on the quality of planting material and growing conditions in the Western Forest-Steppe region of Ukraine / Mykhailo Humentyk, Vladimir Kwak, Olexander Zamoyski, Bogdan Radejko // Motrol. – Lublin. – 2013. – Vol. 15. – № 6. – S. 84–89. *(Здобувач провів експериментальні дослідження, узагальнив і проаналізував результати).*

*Патенти*

1. Патент на корисну модель 75541 Україна, МПК А01С 11/02. Пристрій для садіння ризомів. / Курило В. Л., Ганженко О. М., Гументик М. Я., Зиков П. Ю., Квак В. М. (Україна); Заявник і власник патенту Інститут біоенергетичних культур і цукрових буряків НААН. – №u201204500; Заявлено 10.04.2012; Опубл. 10.12.2012, Бюл. № 23.
2. Патент на корисну модель 76084 Україна, МПК А01В 79/00. Спосіб садіння ризомів міскантусу. / Курило В. Л., Квак В. М. (Україна); Заявник і власник патенту Інститут біоенергетичних культур і цукрових буряків НААН. – №u201206474; Заявлено 29.05.2012; Опубл. 25.12.2012, Бюл. № 24.
3. Патент на корисну модель 76087 Україна, МПК А01В 79/00. Спосіб вирощування міскантусу. / Курило В. Л., Квак В. М., Гументик М. Я., Ганженко О. М., Зиков П. Ю., Войтовська В. І. (Україна); Заявник і власник патенту Інститут біоенергетичних культур і цукрових буряків НААН. – №u201206477; Заявлено 29.05.2012; Опубл. 25.12.2012, Бюл. № 24.

*Тези доповідей на конференціях*

1. Ефективність вирощування високопродуктивних енергетичних культур для виробництва біопалива: матеріали міжнарод. наук.-практ. конф. «Енергоефективність-2010» (Київ, 19–21 жовт. 2010 р.) / Ред. В. А. Жовтянський, А. В. Сміхула, А. В. Россоха. – К. : Інститут газу НАНУ, 2010. – 340 c.
2. Фітоенергетичні культури – біопаливо майбутнього: матеріали Всеукр. наук. конф. молодих учених [Сільськогосподарські, біологічні та технічні кауки. Ч. 1.], (Умань, 10–11 березень 2011 р.) / Редкол. А. Ф. Головчук (відп. ред.) та ін. – Умань. : Уманський національний університет садівництва, 2011. – Ч. 1. – 196 c.
3. Шкідливість ґрунтових фітофагів у посадках міскантусу: зб. тез між народ. наук.-практ. конф. молодих учених і спеціалістів, присвяченої 100-річчю від дня народження видатного вченого Вадима Петровича Васильєва [«Стан та перспективи розвитку захисту рослин»], (Київ, 2–3 квітня 2013 р.). – Київ. : Інститут захисту рослин НААН, 2013. – 116 c.

**АНОТАЦІЯ**

**Квак В. М. Оптимізація елементів технології вирощування міскантусу для виробництва біопалива в західній частині Лісостепу України.** – **На правах рукопису**.

Дисертація на здобуття наукового ступеня кандидата сільськогосподарських наук за спеціальністю 06.01.09 – рослинництво. – Інститут біоенергетичних культур і цукрових буряків НААН, Київ, 2014 р.

У дисертаційній роботі викладено результати досліджень особливостей росту та розвитку рослин міскантусу, його продуктивності для виробництва біопалива залежно від строків садіння та глибини загортання ризомів, густоти садіння та маси ризомів, фону живлення. Вивчено вплив досліджуваних факторів на польову схожість ризомів, тривалість вегетаційного і міжфазних періодів рослин, висоту головного пагона і куща, кількість пагонів у кущі, кількість листків на головному пагоні, урожайність сухої біомаси, економічну та енергетичну ефективність вирощування міскантусу.

На основі результатів досліджень рекомендовано для умов західної частини Лісостепу України оптимізовані елементи технології вирощування міскантусу як сировини для виробництва біопалива.

**Ключові слова**: міскантус, ризоми, строки садіння, глибина загортання, польова схожість, густота стояння рослин, урожайність, біомаса, біопаливо, технологія вирощування.

**АННОТАЦИЯ**

**Квак В. М. Оптимизация элементов технологии выращивания мискантуса для производства твердого биотоплива в условиях западной части Лесостепи Украины. – На правах рукописи.**

Диссертация на соискание ученой степени кандидата сельскохозяйственных наук по специальности 06.01.09 – растениеводство. – Институт биоэнергетических культур и сахарной свеклы НААН, Киев, 2014 г.

В диссертационной работе изложены результаты исследований особенностей роста и развития растений мискантуса, его производительности для производства биотоплива. В зависимости от сроков и глубины посадки ризомов, густоты посадки и массы ризомов, фона питания. Изучено влияние исследуемых факторов на полевую всхожесть ризомов, продолжительность вегетационного и межфазных периодов, высоту главного побега и куста, количество побегов в кусте, количество листьев на главном побеге, урожайность сухой биомассы, экономическую и энергетическую эффективность выращивания мискантуса.

На основе результатов исследований рекомендовано для условий западной части Лесостепи Украины оптимальные элементы технологии выращивания мискантуса в качестве сырья для производства биотоплива.

Оптимальные параметры для развития растений мискантуса складывались при благоприятных условиях гидротермического режима почвы, который изменялся в зависимости от сроков и глубины посадки ризомов. Опоздание с посадкой на 5–8 суток и более, по сравнению с оптимальным сроком посадки, приводит к существенному снижению полевой всхожести – на 5,4% и более.

Биометрические показатели растений изменялись под влиянием агротехнических приемов, которые изучались. Высота главного побега первого срока составляла 136 см, с каждым следующим сроком снижалась на 3...5 см. Количество побегов первого срока составляло 11,2 шт., а второго и третьего – соответственно 9,1 и 8,1 шт. Высота главного побега увеличивалась при загущении насаждений от 10 тыс.шт./га (130 см) до 25 тыс.шт./га (160 см), а количество побегов наоборот снизилось от 11,4 до 9,4 шт. Количество побегов увеличивалось с увеличением массы ризомов от 20…30 г (9,4 шт.) до 90…120 г (11,2 шт.). При увеличении дозы удобрений от N40P15K60 до N120P45K180 количество побегов в период уборки увеличивается в среднем от 5,9 шт. до 10,1 шт.

Максимальную площадь ассимиляционной поверхности листьев (8,3 тыс. м2/га) растения мискантуса формировали в сентябре при густоте стояния 25 тыс. шт. / га и массы ризомов 90…120 г, что больше на 1,0; 3,2 и 4, 6 тыс. м2/га по сравнение с 20, 15 и 10 тыс. шт. / га соответственно.

Впервые обосновано параметры основных элементов технологии выращивания мискантуса в условиях западной части Лесостепи Украины для производства твердого биотоплива.

По результатам исследований установлено, что для выращивания биосырья мискантуса при рациональных затратах средств и энергии оптимальными параметрами посадки являются: плотность растений 15 тыс. / га (схема посадки 70х90 см), масса ризомов 30…60 г, норма минеральных удобрений N40P15K60, что обеспечило урожайность сухой массы 17 т/га .

При усовершенствованной технологии выращивания мискантуса по сравнению с традиционной себестоимость сухой биомассы, собранной за три года, снижается от 127,32 до 88,72 грн. / т. Условно чистая прибыль увеличилась от 422,68 до 461,28 грн. / т, а уровень рентабельности – от 332,0 до 519,9 %, а за 15 лет снижается от 226,93 до 153,57 грн., соответственно условно чистая прибыль увеличивается от 323,07 до 396,43 грн./т, уровень рентабельности – от 141,37 до 258,15 %.

По результатам энергетического расчета установлено, что коэффициент энергетической эффективности по усовершенствованной технологии выращивания по сравнению с традиционной увеличивается за 3 года от 8,2 до 13,3, а за 15 лет – от 35,5 до 54,9.

**Ключевые слова**: мискантус, ризомы, сроки посадки, глубина заделки, полевая всхожесть, густота стояния растений, урожайность, биомасса, биотопливо, технология выращивания.

**SUMMARY**

Kwak V. M. Optimization of elements of technology of growing miscanthus for biofuel production in the western part of the Forest-steppe of Ukraine. –The manuscript.

Thesis for the degree of Candidate of Agricultural Sciences, speciality 06.01.09 – plant growing. – Institute of Bioenergy Crops and Sugar Beet NAAS of Ukraine – Kyiv, 2014.

The thesis presents the results of research of features of growth and development of miscanthus plants, its productivity for production of biofuel depending on terms and planting depth of the rhizomes, planting density and mass of rhizomes, nutritious background. The effect of the studied factors on field viability of the rhizomes, duration vegetative and the interphase periods of plants, height of the main sprouting and bush, quantity of sproutings in the bush, quantity of the leaves on the main sprouting, dry biomass yield, economic and energy efficiency of growing miscanthus are studied.

On the basis of results of researches were recommended the elements of technology of growing miscanthus as a feedstock for biofuel production for conditions of the western part of the Forest-steppe of Ukraine.

**Keywords:** miscanthus, rhizomes, planting terms, processing depth, field germination, plant stand density, yield, biomass, biofuel, growing technology .